



71 Anmelder:  
Werner & Pfleiderer GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Scheuring, Bernhard Dipl.-Ing., 71583 Affalterbach, DE

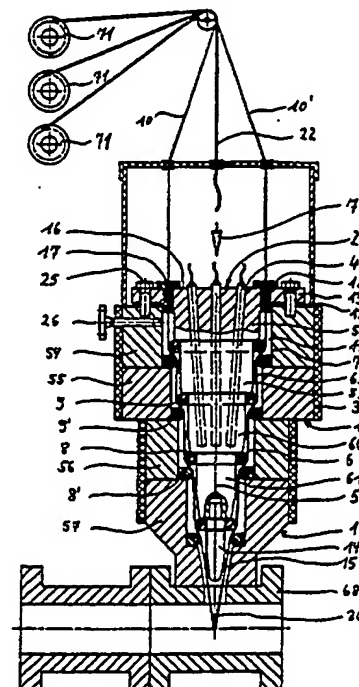
56 Entgegenhaltungen:

DE 40 16 784 A1  
DE 38 35 574 A1  
DE 273 7357 B2  
DE 371 583 884 200 DE 194  
US 469 9579  
EP 03 00 321 B1  
WO 890 1863  
DE-Z: Maschinenmarkt, Würzburg 100 (1994) 23,  
S. 28-31;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung und Verfahren zur Imprägnierung von Fasersträngen mit Kunststoffmaterial

57 Bei einer Vorrichtung zur Imprägnierung von Fasersträngen mit Kunststoffmaterial ist zwischen Begrenzungsflächen und in Förderrichtung beidseitig der Begrenzungsflächen ein Imprägnierkanal mit in Abständen aufeinanderfolgenden Spreitungselementen gebildet, mit eintrittsseitig angeordneten Zuführkanälen für die Faserstränge und den Matrixwerkstoff und einer Austrittsöffnung für die imprägnierten Faserstränge. Zur optimalen Führung und Benetzung der Faserstränge umschließen die Begrenzungsflächen den Imprägnierkanal (11) konzentrisch längs einer gemeinsamen Symmetrieachse (5) unter Ausbildung eines Ringspaltes (6), wobei die innere Begrenzungsfläche (69) durch einen Imprägnierkern (2) und die äußere Begrenzungsfläche (70) durch einen Imprägniermantel (1) gebildet sind und der Imprägniermantel (1) den Imprägnierkern (2) vollständig umhüllt.



Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Imprägnierung von Fasersträngen mit Kunststoffmaterial als Matrixwerkstoff, insbesondere von Glas-, Kohlenstoff-, Aramid-, Flachs- oder Polymerfasern mit einem Schmelz- bzw. Zersetzungspunkt oberhalb des zur Imprägnierung eingesetzten polymeren Matrixwerkstoffes, bestehend aus einem zwischen Begrenzungsflächen und in Förderrichtung beidseitig der Begrenzungsflächen in Abständen aufeinanderfolgender Spreitungselemente gebildeten Imprägnierkanal, mit eintrittsseitig angeordneten Zuführkanälen für die Faserstränge und den Matrixwerkstoff und einer Austrittsöffnung für die imprägnierten Faserstränge.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung von langfaserverstärkten Kunststoffmassen unter Verwendung dieser Imprägniervorrichtung.

Bei einer derartigen bei einem Extruder zum Einführen eines Faserstranges aus der DE 40 16 784 A1 bekannten Imprägniervorrichtung erfolgen der Strangeneintritt sowie der Strangaustritt nach der Imprägnierung ebenflächig mit geringer Anpassungsfähigkeit an die Erfordernisse der Strangbenetzung. Bei einer weiteren aus der DE 38 35 574 A1 bekannten Vorrichtung können kontinuierlich unidirektional faserverstärkte Linearprofile hergestellt werden. Die Extrusionsimprägniervorrichtung besteht hier aus einem ebenen geteilten Gehäuse. Überschüssiges Material und Glasfaserstücke, die aus Faserbruch während der Imprägnierung entstanden sind, müssen über einen Überlauf abgeführt werden. Der Fasergehalt und die Querschnittsgeometrie der Linearprofile werden über die Austrittsdüse eingestellt. Aufgrund der besonderen Merkmale dieser Vorrichtung ist das Einsatzgebiet stark eingeschränkt. Aus der EP 0 300 321 B1 ist bekannt, daß Faserbündel durch eine Kunststoffkammer hindurchgezogen werden. Die Kunststoffkammer wird von einem Extruder mit thermoplastischer Kunststoffschmelze seitlich gespeist. In der Kunststoffkammer sind zum Imprägnieren der Faserbündel mit dem geschmolzenen thermoplastischen Kunststoff und zum Aufbringen einer Spannung auf das Faserbündel Rotationseinrichtungen angebracht die jedoch nur eine beschränkte Anpassung an die Erfordernisse für die Imprägnierung der Faserstränge ermöglichen.

Bedingt durch die ebene Anordnung der oben beschriebenen bekannten Konstruktionen ergeben sich weitere gravierende Nachteile. So ist zum Beispiel bei einem in vielen Anwendungsfällen gewünschten zentralen Strangaustritt, bei welchem die vielen einzelnen Faserstränge zu einem einzigen Strang oder einem Strangprofil zusammengefaßt werden müssen, keine zufriedenstellende Faserstrangführung möglich. Ein weiterer Nachteil der bekannten Konstruktionen ist die ungleichmäßige Strömung der Schmelze im Imprägnierkopf durch Randeinflüsse bzw. unsymmetrisches Durchlaufen der Faserstränge. Desweiteren steht eine relativ aufwendige Fertigungstechnik und die eingeschränkten Einsatzmöglichkeiten einer breiten Anwendung entgegen. Nicht zuletzt ist bei der oft geforderten großen Anzahl an einzelnen Fasersträngen eine kompakte Bauweise nicht mehr möglich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Vorrichtung zur Imprägnierung von Fasersträngen zu schaffen, die eine optimale Führung und Benetzung von Fasersträngen ermöglicht ein Verfahren zu dessen Handhabung dient der Verbesserung der Qualität lang-

faserverstärkter Kunststoffmassen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Begrenzungsflächen den Imprägnierkanal längs einer gemeinsamen Symmetrieachse unter Ausbildung eines Ringspaltes konzentrisch umschließen, wobei die innere Begrenzungsfläche durch einen Imprägnierkern und die äußere Begrenzungsfläche durch einen Imprägniermantel gebildet sind und der Imprägniermantel den Imprägnierkern vollständig umhüllt. Die Vorrichtung besteht somit im wesentlichen aus einem Imprägniermantel und einem Imprägnierkern mit einer gemeinsamen Symmetrieachse und ermöglicht eine in Fließrichtung des Kunststoffmaterials vollständige symmetrische Anordnung der Faserstränge. Zwischen dem Imprägniermantel und dem Imprägnierkern ergibt sich ein sich axial ausdehnender Ringspalt. Dadurch sind vielfältige Einsatzmöglichkeiten der Vorrichtung zur Herstellung von Kunststoff- Formkörpern oder Profilen ermöglicht. Weitere Vorteile bzw. besondere Wirkungen ergeben sich durch die sehr gleichmäßige Strömung des Kunststoffmaterials über dem Umfang des Imprägnierkanals und einer Veränderung der Relativgeschwindigkeit zwischen Faserstrang und Kunststoffmaterial aufgrund einer Verjüngung des Imprägnierkanalquerschnitts in Förderrichtung. In weiterer Ausbildung der Erfindung ermöglicht der aus Einzelmodulen zusammengesetzte Imprägnierkopf eine Längenanpassung der Faserführung. Zur Optimierung der Kunststoffschmelzeviskosität sind Imprägnierkern und Imprägniermantel mit einer Heizeinrichtung versehen, so daß der gesamte Imprägnierkopf gleichmäßig auf die geforderte Temperatur temperiert werden kann. Stufen des Ringspaltes und die hier angeordneten Spreizringe bewirken ein Öffnen des Faserstranges im Imprägnierkanal. Die Spreizringe können entweder direkt in den Imprägniermantel und in den Imprägnierkern eingearbeitet sein, oder als austauschbare Formkörper eingesetzt werden. Da die Spreizringe mit dem Faserstrang in direktem Kontakt stehen, müssen diese aus einem besonders verschleißgeschütztem Material hergestellt werden.

Die axiale Lage des Imprägnierkerns läßt sich relativ zum Imprägniermantel in seiner Position einstellen. Dies kann z. B. mittels unterschiedlich hoher Distanzringe zwischen dem Imprägniermantel und dem Flansch des Imprägnierkerns bewerkstelligt werden. Durch eine axiale Veränderung der relativen Position wird der Umschlingungswinkel bzw. die Umlenkung der Faserstränge um die Spreizringe verändert. Hiermit kann der Aufspreizgrad und die Abzugskraft der Faserstränge eingestellt werden. Im Betriebszustand wird der Imprägnierkern am Imprägniermantel mittels eines Schnellverschlusses oder mittels Schrauben gehalten und abgedichtet.

Am Ende des Imprägnierkerns ist ein austauschbarer Formkörper eingebaut. Mit diesem ist die Spaltweite am Ende des Imprägnierkopfes und damit der Druck im Imprägnierkanal einstellbar. Für den Fall, daß einzelne Faserstränge getrennt voneinander ausgetragen werden sollen, kann ein entsprechend ausgestaltetes Formstück als Kalibrierdüse eingesetzt werden.

Zum Einführen der Faserstränge in den Imprägnierkopf besitzt der Imprägnierkern an der eintrittsseitigen Stirnfläche am Umfang verteilte Einführöffnungen. Diese Einführöffnungen können entweder direkt in die Stirnseite des Imprägnierkerns eingearbeitet, oder aber auch als einzelne Einführtüllen in die Stirnseite eingesetzt werden. Da diese Zone ganz besonders dem Ver-

schleiß ausgesetzt ist muß dieser Bereich aus entsprechend verschleißbeständigem Material gefertigt werden. Bei entsprechender Länge und relativ geringer Spaltweite der Einführöffnung wird durch die Schleppströmung der ein laufenden Faserstränge verhindert daß Schmelze aus dem Imprägnierkopf austreten kann. Um ein Aufspalten der Faserstränge während des Einzugs in den Imprägnierkopf zu verhindern, besitzen die Einführöffnungen einen konischen Einlauf.

In einer besonderen Ausgestaltung können die Einführtüllen auch seitlich geschlitzt sein. In Verbindung mit radial nach außen führenden Schlitzten im Bereich des Flansches des Imprägnierkerns können noch nicht eingefädelte Stränge an einen bereits eingezogenen Strang angeknüpft werden und noch während des laufenden Prozesses in die jeweilige dafür vorgesehene Einführtülle umsortiert werden. Hierzu muß der Imprägnierkern geringfügig axial angehoben werden. Die vorhandenen Schlitzte können im normalen Betriebszustand mit einem Füllstück verschlossen werden.

Das Matrixmaterial zum Imprägnieren der Faserstränge wird vorteilhafterweise von der Seite durch den Imprägniermantel in den Ringspalt des Imprägnierkanals eingeführt. Dadurch kann der Imprägnierkern ungehindert aus dem Imprägniermantel gehoben oder in diesen eingefahren werden. Bei thermoplastischem Matrixmaterial erfolgt die Einspeisung in den Imprägnierkanal in der Regel mittels eines Extruders. Duroplastische Matrixmaterialien können beispielsweise auch durch eine Pumpe in den Imprägnierkopf gefördert werden. Abhängig von den Erfordernissen bzw. der Anwendung des Imprägnierkopfes kann das Matrixmaterial entweder direkt über eine Bohrung, oder zur gleichmäßigeren Verteilung des Matrixmaterials über dem Umfang des Imprägnierkanals ähnlich wie bei der Coextrusion über modifizierte Wendelverteiler oder Pinolenwerkzeuge in den Ringspalt eingebracht werden. Eine ringspaltförmige Einführung der Schmelze direkt an einem Spreizring kann ebenfalls von Vorteil bezüglich der Imprägniergüte sein.

Die Anwendung des oben beschriebenen Imprägnierkopfes wird nun im folgenden beschrieben.

Allen Anwendungen gemeinsam ist, daß die Faserstränge vor der Weiterverarbeitung durch den erfindungsgemäßen Imprägnierkopf gezogen, und dort mit Matrixmaterial imprägniert werden. Dabei werden in der Regel mehrere Faserstränge die von einer Spule oder Trommel abgezogen werden, über eine Vorwärmstrecke geleitet und in Einführtüllen, welche im Imprägnierkern eingesetzt sind, eingefädelt. Die Einführtüllen übernehmen neben der Lagefixierung der Faserstränge eine Abdichtfunktion und gewähren durch eine konische Einlaufkontur ein schonendes Einführen der Faserstränge. Der Imprägnierkern wird zum einfachen Einfädeln und Durchziehen der Faserstränge durch den Imprägnierkopf aus dem Imprägniermantel herausgezogen. Die eingefädelten Faserstränge können dann gebündelt oder einzeln durch den offenen Imprägniermantel von der Eintrittsseite zur Austrittsseite durchgeleitet werden. Anschließend wird der Imprägnierkern wieder in den Imprägniermantel eingeführt. Durch das Einführen des Imprägnierkerns in den Imprägniermantel werden die Faserstränge von den Spreizringen des Imprägnierkerns gegen die Spreizringe des Imprägniermantels gedrückt. Hierdurch werden die unter einer Vorspannung eingeleiteten Faserstränge aufgespreitet. Die relative axiale Lage korrespondierender Spreizringe zueinander wird durch einen entsprechend

dimensionierten Distanzring zwischen Imprägniermantel und Imprägnierkern so eingestellt daß die Faserstränge um das gewünschte Maß von der geradlinigen Bahn ausgelenkt werden. Die Benetzung der Faserstränge kann zusätzlich durch die verwendete Anzahl korrespondierender Spreizringe und deren Außenkontur beeinflußt werden. Nachdem der Imprägnierkern durch entsprechende Befestigungsmittel am Imprägniermantel fixiert wurde, kann nach Zugabe des Matrixmaterials der Imprägnierkopf in Betrieb genommen werden. Durch eine geeignete Dimensionierung des Imprägnierkanalringspaltes kann das Volumen des Matrixmaterials klein gehalten werden. Die erforderliche Menge an Matrixmaterial wird über eine Durchsatzregelung des Speiseextruders oder einer Speisepumpe geregelt. Der Druck im Imprägnierkopf kann unabhängig vom Durchsatz durch entsprechende Wahl eines am Ende des Imprägnierkerns befindlichen austauschbaren Drossелеlementes eingestellt werden. Der Abzug der Faserstränge aus dem Imprägnierkopf ist abhängig vom Anwendungsverfahren und wird an verschiedenen Beispielen im folgenden beschrieben.

#### Beispiel 1

Zur Herstellung von langfaserverstärkten Kunststoffmassen, ist der Imprägnierkopf mit einem Ein- oder Zweiwellenextruder verknüpft, wobei die im Imprägnierkopf vorimprägnierten Faserstränge direkt von den Extruderschnecken oder durch Hilfsmittel in den Extruder eingetragen werden. In der Regel wird der Imprägnierkopf zwischen der Aufschmelzzone und der Einmischzone des Extruders angeflanscht. Der Extruder hat zu diesem Zweck eine entsprechende Öffnung im Gehäuse. Dadurch, daß die Faserstränge bereits vor dem Einzug in die Schneckenmaschine mit der viskosen Kunststoffmatrix imprägniert sind, können gegenüber einer konventionellen Betriebsweise die Faserstränge sehr schonend in die Kunststoffmatrix eingemischt werden. Dies führt im Endprodukt zu einer deutlich größeren resultierenden Faserlänge. Die im Extruder aufbereitete langfaserverstärkte Kunststoffmasse kann entweder direkt zu einem Endprodukt oder zu einem langfaserverstärkten Zwischenprodukt ausgeformt werden. Mögliche Verfahren sind beispielsweise das Verfahren der Direktextrusion von langfaserverstärkten Profilen, die direkte Verarbeitung langfaserverstärkter Kunststoffmassen im Preßverfahren, oder beispielsweise die direkte Beschickung einer Blasformanlage mit faserverstärkten Kunststoffmassen. Bei den langfaserverstärkten Zwischenprodukten kann es sich beispielsweise um Granulate oder Platten bzw. Bänder handeln, die in einem weiteren Verarbeitungsprozeß zu einem Endprodukt verarbeitet werden. Ein ganz wesentlicher Vorteil hierbei ist die Tatsache, daß während der Imprägnierung entstehender Faserabrieb und Bruch einzelner Filamente ohne Verstopfung des Imprägnierkopfes direkt durch die relativ große Einzugsöffnung in den Extruder gespült wird, so daß der kontinuierliche Imprägnierprozeß nicht gestört wird. Durch den modularen Aufbau des Imprägnierkopfes, kann beispielsweise durch einen Austausch von Spreizringen durch welche mit etwas modifizierter Kontur und Austausch des Distanzringes der eingesetzten Kunststoffmatrix Rechnung getragen werden.

Zur Herstellung unidirektional faserverstärkter Profile werden die Faserstränge kontinuierlich durch den Imprägnierkopf gezogen und in einer Düse am Austritt aus dem Imprägnierkopf in die entsprechende Form gebracht. Dieses Verfahren wird im allgemeinen als Pultrusionsverfahren bezeichnet. Eine Variante des Imprägnierkopfes ermöglicht zusätzliche coextrudierte Kern- und Mantelschichten aus einem unverstärkten oder faserverstärkten Kunststoff aufzutragen. Die hierfür notwendigen Coextrusionswerkzeuge sind dabei direkt in den Imprägnierkopf integriert. Desweiteren ist es möglich an Stelle der Kernschicht durch das Zentrum des Imprägnierkerns einen von den Fasersträngen zu umhüllenden Zusatzwerkstoff mit durchzuziehen. Auf diese Weise sind sogenannte Sandwichprofile herstellbar.

## Beispiel 3

Im Bereich der langfaserverstärkten Thermoplaste ist die Herstellung von Granulat aus faserverstärktem thermoplastischem Material am bekanntesten, wobei eine Vielzahl von Einzelfilamenten der Verstärkungsfasern in einer Matrix des thermoplastischen Materials parallel angeordnet sind und die Faserlänge gleich groß wie die Granulatlänge ist. Die Imprägnierung der Verstärkungsfasern mit dem thermoplastischen Material kann hierbei ebenfalls mit dem erfindungsgemäßen Imprägnierkopf erfolgen. Am Ende des Imprägnierkerns ist hierfür ein entsprechend ausgestaltetes Formstück als Kalibrierdüse eingesetzt. Die einzelnen, mit Schmelze benetzten Faserstränge werden nach dem Durchlaufen einer Abkühlstrecke von einer Abzugseinheit kontinuierlich abgezogen und einer Granulierung zugeführt.

## Beispiel 4

Hierbei werden die mit der Kunststoffmatrix benetzten Verstärkungsfasern auf einem rotierenden Wickeldorn direkt abgelegt. Der rotierende Wickeldorn zieht dabei die Faserstränge durch denerfindungsgemäßen Imprägnierkopf. Über die Drehzahl des Wickeldorns kann die Durchlaufgeschwindigkeit der Faserstränge geregelt werden. Bei der Kunststoffmatrix kann es sich sowohl um duroplastisches, als auch thermoplastisches Kunststoffmaterial handeln.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand einiger in der Zeichnung in schematischer Weise dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 einen Längsschnitt des Imprägnierkopfes, wobei dieser an ein Extrudergehäuse angeflanscht ist

Fig. 2 eine Draufsicht auf den Imprägnierkopf, in leicht modifizierter Form,

Fig. 3 einen Längs- und Querschnitt des Imprägnierkopfes mit eingebauter Kalibrierdüse,

Fig. 4 einen Schnitt des Imprägnierkopfes mit integriertem Coextrusionswerkzeug,

Fig. 5 eine Extrusionsanlage zur Herstellung von langfaserverstärkten Profilen mit integriertem Imprägnierkopf,

Fig. 6 eine Pultrusionsanlage zur Herstellung von Profilen mit integriertem Coextrusions-Imprägnierkopf,

Fig. 7 eine Pultrusionsanlage zur Herstellung von Sandwichprofilen mit integriertem Imprägnierkopf,

Fig. 1 zeigt den Imprägnierkopf der im wesentlichen aus dem Imprägniermantel und dem Imprägnierkern 2 besteht und an ein Extrudergehäuse 68 angeflanscht ist.

Der Imprägniermantel 1 und der Imprägnierkern 2 ist mit einer Heizeinrichtung versehen. Der Imprägniermantel 1 wird von einer elektrischer Heizschale 3 und der Imprägnierkern 2 von elektrischen Heizpatronen 4 beheizt. Der Imprägniermantel 1 und der Imprägnierkern 2 haben eine gemeinsame Symmetrieachse 5, wobei der Imprägniermantel 1 den Imprägnierkern 2 vollständig umhüllt. Die Außenabmessungen eines Ringespaltes 6 zwischen Imprägniermantel 1 und Imprägnierkern 2 verjüngen sich in Flußrichtung 7 stufenförmig. An allen Stufen 8, 8' des Imprägnierkerns 2 und des Imprägniermantels 1 befinden sich entsprechend ausgebildete Spreizringe 9, 9'. Diese bewirken ein Öffnen des Faserstranges 10, 10' im Imprägnierkanal 11.

Die Spreizringe 9, 9' können entweder direkt in den Imprägniermantel 1 und in den Imprägnierkern 2 eingearbeitet sein, oder als austauschbare Formkörper eingesetzt werden. Da die Spreizringe 9, 9' mit dem Faserstrang 10, 10' in direktem Kontakt stehen, müssen diese aus einem besonders verschleißgeschütztem Material hergestellt werden.

Der Imprägniermantel 1 und der Imprägnierkern 2 kann wiederum aus mehreren Einzelteilen 54, 55, 56, 57 bzw. 58, 59, 60, 61 modularartig zusammengesetzt sein. Dies ermöglicht zum einen einen tottraumfreien Einbau der Spreizringe 9, 9' und ermöglicht zum anderen eine stufenweise Anpassung an die gewünschte Baugröße bzw. Anzahl an geforderten Fasersträngen.

Die axiale Lage des Imprägnierkerns 2 läßt sich relativ zum Imprägniermantel 1 in seiner Position einstellen. Dies kann mittels unterschiedlich hoher Distanzringe 12 zwischen dem Imprägniermantel 1 und dem Flansch 13 des Imprägnierkerns 2 bewerkstelligt werden. Bei einer relativen axialen Verschiebung von Imprägnierkern 2 und Imprägniermantel 1 wird der Umschlingungswinkel bzw. die Umlenkung der Faserstränge 10, 10' um die Spreizringe 9, 9' verändert. Hierdurch kann der Aufspreizgrad und die Abzugskraft der Faserstränge 10, 10' eingestellt werden.

Am Ende des Imprägnierkerns 2 ist ein austauschbarer Formkörper 14 eingebaut. Mit diesem ist die Spaltweite 15 zwischen Imprägnierkern 2 und Imprägniermantel 1 am Ende des Imprägnierkopfes und damit der Druck im Imprägnierkanal einstellbar. Für den Fall, daß die Vielzahl an Fasersträngen 10, 10' nicht gebündelt, sondern einzeln voneinander ausgetragen werden sollen, kann ein entsprechend ausgestaltetes Formstück 14 gemäß Fig. 3 als Kalibrierdüse 14' eingesetzt werden.

Die zur Verstärkung eingesetzten Faserstränge werden von Spulen 71 abgezogen. Zum Einführen der Faserstränge 10, 10' in den Imprägnierkopf besitzt der Imprägnierkern 2 an der eintrittsseitigen Stirnfläche 16 am Umfang verteilte Einführöffnungen 17. Die Einführöffnungen 17 können entweder direkt in die Stirnseite 16 des Imprägnierkerns 2 eingearbeitet, oder aber auch als einzelne Einführtüllen 18 in die Stirnseite 16 des Imprägnierkerns 2 eingesetzt werden. Da die Einführöffnung 17 besonders dem Verschleiß ausgesetzt ist, muß diese aus entsprechend verschleißbeständigem Material gefertigt werden. Bei ausreichend dimensionierter Länge und relativ geringer Spaltweite der Einführöffnung wird durch die Schleppströmung des einlaufenden Faserstranges 10, 10' verhindert, daß Schmelze eintrittsseitig aus dem Imprägnierkopf austreten kann. Um ein Aufspleisen der Faserstränge 10, 10' während des Einzugs in den Imprägnierkopf zu verhindern, besitzen die Einführöffnungen 17 auf der Eintrittsseite eine konische Einlaufschräge.

Fig. 2 zeigt in einer besonderen Ausgestaltung Einführtüllen 19 mit einem radial nach außen verlaufenden Schlitz 20. In Verbindung mit den radial nach außen führenden Schlitz 21 im Bereich des Flansches 13 des Imprägnierkerns 2 können noch nicht eingefädelte Faserstränge 22 (siehe Fig. 1) an einen bereits eingezogenen Faserstrang 10, 10' angeknüpft werden und noch während des laufenden Prozesses in die jeweilige dafür vorgesehene Einführtülle umsortiert werden. Hierzu muß der Imprägnierkern 2 geringfügig axial angehoben werden. Die vorhandenen Schlitz 20, 21 können im normalen Betriebszustand mit einem Füllstück 23 verschlossen werden.

Die Fixierung des Imprägnierkerns 2 am Imprägniermantel 1 kann wie in Fig. 2 dargestellt mittels eines Schnellverschlusses 24 (z. B. Bajonettverschluß) oder wie in Fig. 1 mittels Schrauben 25 erfolgen.

Die eintrittsseitige Abdichtung zwischen Imprägniermantel 1 und Imprägnierkern 2 erfolgt an den Stirnflächen des Distanzringes 12.

Das Matrixmaterial zum Imprägnieren der Faserstränge 10, 10' wird vorteilhafterweise seitlich über den Zuführkanal 26 durch den Imprägniermantel 1 in den Imprägnierkanal 11 zugegeben. Bei thermoplastischem Matrixmaterial erfolgt dies in der Regel wie in Fig. 5 dargestellt mittels eines Speiseextruders 27. Duroplastische Matrixmaterialien können beispielsweise auch durch eine hier nicht dargestellte Pumpe in den Imprägnierkopf gefördert werden. Abhängig von den Erfordernissen bzw. der Anwendung des Imprägnierkopfes kann das Kunststoffmatrixmaterial entweder direkt über den Zuführkanal 26, oder um eine gleichmäßigere Verteilung des Kunststoffmatrixmaterials über dem Umfang des Imprägnierkanals 11 zu gewährleisten, über ein Masseverteilsystem ähnlich der Coextrusion in den Imprägnierkanal 11 eingebracht werden. Als Masseverteilsysteme sind z. B. modifizierte Wendelverteiler oder Pinolen möglich. Fig. 4 zeigt am Beispiel der Variante eines Imprägnierkopfes mit Coextrusionswerkzeug 62 ein entsprechendes Masseverteilsystem 28'. Die Zuführung der Schmelze in den Imprägnierkanal 11 direkt an einem Spreizring 9' kann bezüglich der Imprägniergüte von Vorteil sein. Eine Zugabe des Kunststoffmaterials direkt unterhalb der Einführtülle 18 bzw. 19 sorgt für eine Zwangsspülung des gesamten Imprägnierkanals 11. Der in Fig. 4. dargestellte Imprägnierkopf erlaubt die Aufbringung zusätzlicher Kunststoffschichten auf die bereits imprägnierten Faserstränge 30 im Bereich des Austrags. Die Mantelschicht 31 um die imprägnierten Faserstränge 30 wird über den Zuführkanal 28 und das Masseverteilsystem 28' aufgetragen. Die Kernschicht 32 um die imprägnierten Faserstränge 30 gelangt über den Zuführkanal 29 in den Austragsbereich des Imprägnierkopfes. Der Verdrängerkörper 33 bildet die Innenkontur des pultrudierten Profils ab. Die äußere Kontur wird durch die Düse 34 gebildet.

In Fig. 5 ist eine Anlage zur Herstellung langfaserverstärkter Profile dargestellt, wobei mittels des Imprägnierkopfes 35 mit einer Kunststoffmatrix 36 vorimprägnierte Faserstränge 10, 10' direkt von den Schnecken 37, 37' des Compoundierextruders 38 im Gehäuse 39 eingezogen werden. Die Faserstränge 10, 10' werden dabei von einem Spulenständer 63 abgezogen. Vor dem Einzug der Faserstränge 10, 10' in den Imprägnierkopf 35 werden diese mittels einer Heizung 40 vorgeheizt. Die Aufschmelzung und Dosierung des Kunststoffmatrixmaterials für den Imprägnierkopf 35 erfolgt durch den Speiseextruder 27. Der polymere Grundwerkstoff

46 für das zu extrudierende Profil 45 wird über die Dosierung 41 in das Einlaufgehäuse 42 in den Compoundierextruder 38 zugegeben und in Gehäuse 43 und 44 in den viskosen Zustand überführt. In Gehäuse 39 werden dann die mit dem Kunststoffmatrixwerkstoff 36 vorimprägnierten Faserstränge 10, 10', die von den Schnecken 37, 37' des Compoundierextruders 38 eingezogen werden, mit dem polymeren Grundwerkstoff 46 zusammengeführt. Bei Verwendung unterschiedlicher polymerer Matrixwerkstoffe 36 und 46 kann sowohl der Forderung nach möglichst niedriger Viskosität für die Imprägnierung der Faserstränge 10, 10', als auch der Forderung nach ausreichender Schmelzestabilität für die Extrusion des Profils 45 Rechnung getragen werden. Die Zerteilung der Faserstränge 10, 10' und die homogene Verteilung im polymeren Matrixwerkstoff erfolgt in Gehäuse 47, wobei hierfür spezielle distributiv wirkende, nicht näher dargestellte, Schneckenelemente eingesetzt werden. Durch den Einzug von bereits vorimprägnierten Fasersträngen 10, 10 kann im Gegensatz zur konventionellen Einmischung von Fasersträngen sehr schonend eingemischt werden. In Gehäuse 48 kann dann das mit langen Fasern verstärkte Produkt entgast und über das Gehäuse 4 und das Profilwerkzeug 50 ausgetragen werden. Nach der Kalibrierung und Abkühlung des extrudierten Profils 45 durch eine Sprühkühlung 51 wird das Profil von der Abzugseinheit 52 abgezogen und nach Bedarf von einer Säge 53 auf die gewünschte Länge gebracht. Die wesentlichen Vorteile hierbei sind gegeben durch die Produktion aus der ersten Wärme heraus, der Möglichkeit des Einsatzes von billigeren Rohpolymeren und die Extrusion von Profilen mit langfaserigen Verstärkungseinlagen bei optimaler Einmischung und Benetzung der einzelnen Filamente der Fasereinlagen durch den Einsatz des erfindungsgemäßen Imprägnierkopfes. Dies führt zu Produkten mit optimalen mechanischen Eigenschaften und guter Oberflächengüte.

In Fig. 6 wird eine Pultrusionsanlage 64 zur Herstellung von endlosfaserverstärkten Profilen unter Verwendung des erfindungsgemäßen Imprägnierkopfes 35', wie er in Fig. 4 prinzipiell dargestellt ist, gezeigt. Hierbei werden mittels des Imprägnierkopfes 35' austrittsseitig um die imprägnierten Faserstränge 30 zusätzlich eine Mantelschicht 31 und eine Kernschicht 32 extrudiert. Dadurch ist es möglich, ein unidirektional verstärktes Pultrusionsprofil 65 mit hervorragender Oberflächenqualität herzustellen.

Fig. 7 zeigt eine Pultrusionsanlage 64' zur Herstellung von endlosfaserverstärkten Sandwichprofilen 66 unter Verwendung des erfindungsgemäßen Imprägnierkopfes, der im wesentlichen aus dem Imprägniermantel 1 und dem Imprägnierkern 2 besteht. Hierbei wird durch den Imprägnierkopf hindurch ein Kernprofil 67 mit durchgezogen und von den imprägnierten Fasersträngen 30 umhüllt.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Imprägnierung von Fasersträngen mit Kunststoffmaterial als Matrixwerkstoff, insbesondere von Glas-, Kohlenstoff-, Aramid-, Flachs-, oder Polymerfasern mit einem Schmelz- bzw. Zersetzungspunkt oberhalb des zur Imprägnierung eingesetzten polymeren Matrixwerkstoffes, bestehend aus einem zwischen Begrenzungsflächen und in Förderrichtung beidseitig der Begrenzungsflächen in Abständen aufeinanderfolgender Spreitungselemente gebildeten Imprägnierkanal,



mit eintrittsseitig angeordneten Zuführkanälen für die Faserstränge und den Matrixwerkstoff und einer Austrittsöffnung für die imprägnierten Faserstränge, dadurch gekennzeichnet, daß die Begrenzungsflächen den Imprägnierkanal (11) längs einer gemeinsamen Symmetrieachse (5) unter Ausbildung eines Ringspaltes (6) konzentrisch umschließen, wobei die innere Begrenzungsfläche (69) durch einen Imprägnierkern (2) und die äußere Begrenzungsfläche (70) durch einen Imprägniermantel (1) gebildet sind und der Imprägniermantel (1) den Imprägnierkern (2) vollständig umhüllt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Imprägniermantel (1) und der Imprägnierkern (2) modularartig aus einer beliebigen Anzahl Einzelmodule (54, 55, 56, 57 bzw. 58, 59, 60, 61) zusammengesetzt sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Imprägniermantel (1) und der Imprägnierkern (2) mit einer Heizeinrichtung (3, 4) versehen sind.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenabmessungen des zwischen Imprägniermantel (1) und Imprägnierkern (2) gebildeten Ringspaltes (6) sich in Flußrichtung (7) durch Stufen (8, 8') verjüngen.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils an den Stufen (8, 8') des Imprägniermantels (1) und des Imprägnierkerns (2) sich die in Form von Spreizringen (9, 9') ausgebildeten Spreitungselemente befinden.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Spreizringe (9, 9') direkt in den Imprägniermantel (1) und in den Imprägnierkern (2) eingearbeitet sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Spreizringe (9, 9') als austauschbare Formkörper in den Imprägniermantel (1) und den Imprägnierkern (2) eingesetzt sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die austauschbaren Spreizringe (9, 9') aus verschleißbeständiger Keramik hergestellt sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die axiale Lage des Imprägnierkerns (2) relativ zum Imprägniermantel (1) in seiner Position einstellbar ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die axiale Lage durch unterschiedlich hohe Distanzringe (12) zwischen dem Imprägniermantel (1) und dem Flansch (13) des Imprägnierkerns (2) eingestellt wird.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß austrittsseitig am Ende des Imprägnierkerns (2) ein austauschbares Formstück (14) eingebaut ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Formstück (14) mit der äußeren Begrenzungswand (70) eine Kalibrierdüse (14') bildet.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Imprägnierkern (2) an der eintrittsseitigen Stirnfläche (16) am Umfang verteilte Einführöffnungen (17) besitzt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß diese Einführöffnungen (17) direkt in die Stirnseite (16) des Imprägnierkerns (2) eingearbeitet sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Einführöffnungen (17) als einzelne austauschbare Einführtüllen (18, 19) in die Stirnseite eingesetzt sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Einführtüllen (18, 19) aus verschleißbeständiger Keramik gefertigt sind.

17. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Matrixmaterial zum Imprägnieren der Faserstränge (10, 10') seitlich durch den Imprägniermantel (1) in den Imprägnierkanal (11) zugegeben wird.

18. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Matrixmaterial zur gleichmäßigen Verteilung über dem Umfang des Imprägnierkanals (11) über ein mit dem Imprägnierkanal (11) verbundenen Masseverteilsystem (28') eingebracht wird.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Matrixmaterial direkt durch einen der Spreizringe (9') ringspaltförmig zugegeben wird.

20. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für die Coextrusion einer Kernschicht (32) ein Zuführkanal (29) in den Imprägnierkern (2) eingebracht wird, wobei der Zuführkanal (29) das Matrixmaterial um den Verdrängerkörper (33) gleichmäßig verteilt.

21. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an der Austrittsseite des Imprägnierkopfes zur Coextrusion einer Mantelschicht (31) ein Zuführkanal (28), der in ein Masseverteilsystem (28') übergeht, eingebracht ist.

22. Verfahren zur Herstellung von langfaserverstärkten Kunststoffmassen unter Verwendung der Imprägniervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Imprägnierkopf mit einem Ein- oder Zweiwellextruder verknüpft ist, wobei die im Imprägnierkopf vorimprägnierten Faserstränge in den Extruder eingetragen und in die viskose Kunststoffmasse eingemischt werden.

23. Verfahren zur Herstellung von unidirektional mit Fasern verstärkten Profilen unter Verwendung der Imprägniervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Imprägnierkopf mit einer Pultrusionsanlage (64) verbunden ist.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzliche coextrudierte Kern- und Mantelschichten (32, 31) aus einem unverstärkten oder faserverstärkten Kunststoff unter Verwendung der Imprägniervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufgebracht werden.

25. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß durch das Zentrum des Imprägnierkerns (2) ein von den Fasersträngen zu umhüllender Zusatzstoff (67) mit durchgezogen wird.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der zu umhüllende Zusatzstoff (67) ein Schaumkern ist.

27. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die mit Fasern verstärkten Profile in einem nachfolgenden Schritt zu Granulaten geschnitten werden, wobei eine Vielzahl von Einzelfilamenten der Verstärkungsfasern in einer Matrix des thermoplastischen Materials parallel angeordnet sind und die Faserlänge gleich der Granulatlänge

ist.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

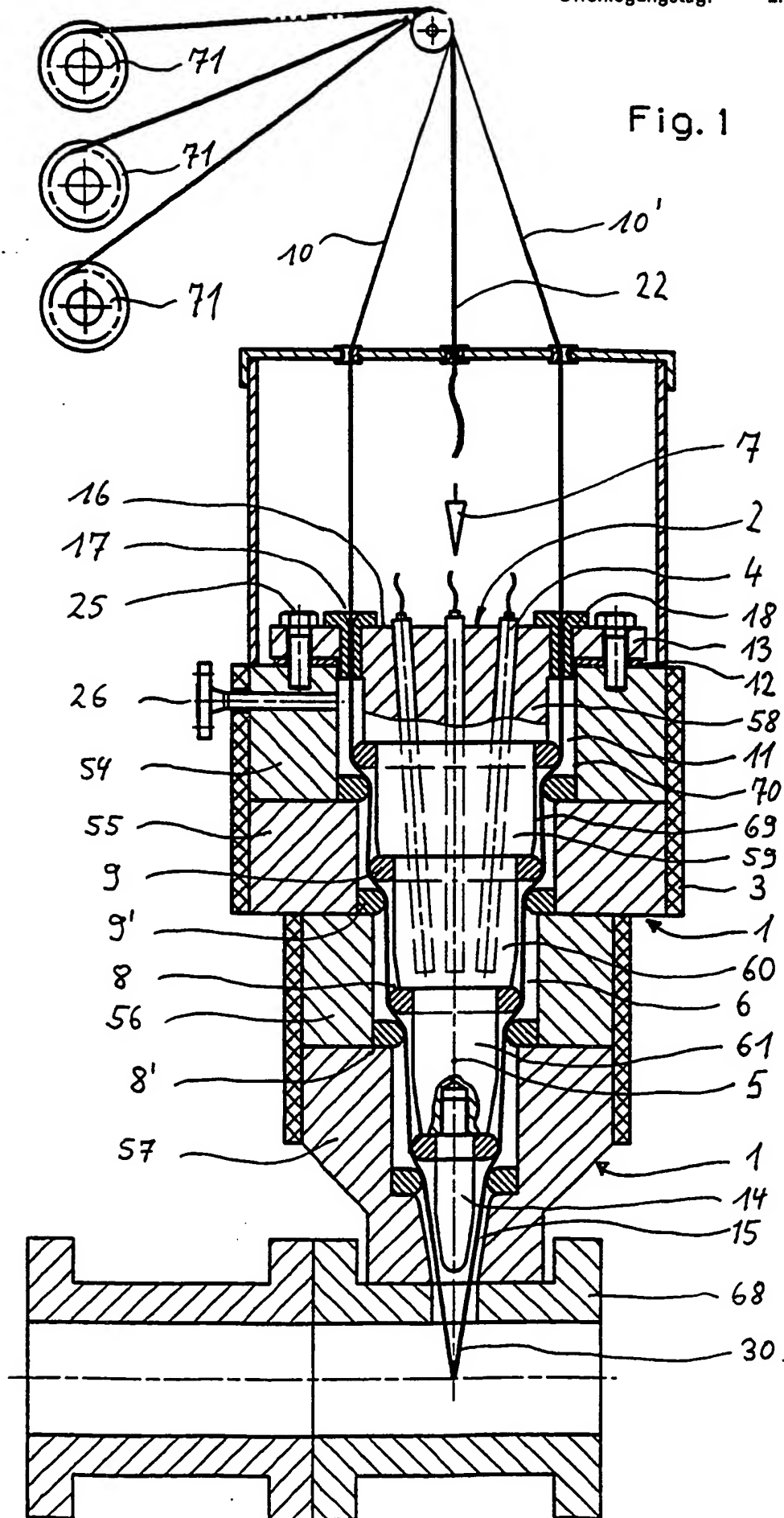
45

50

55

60

65



DE 199 83 700 A1



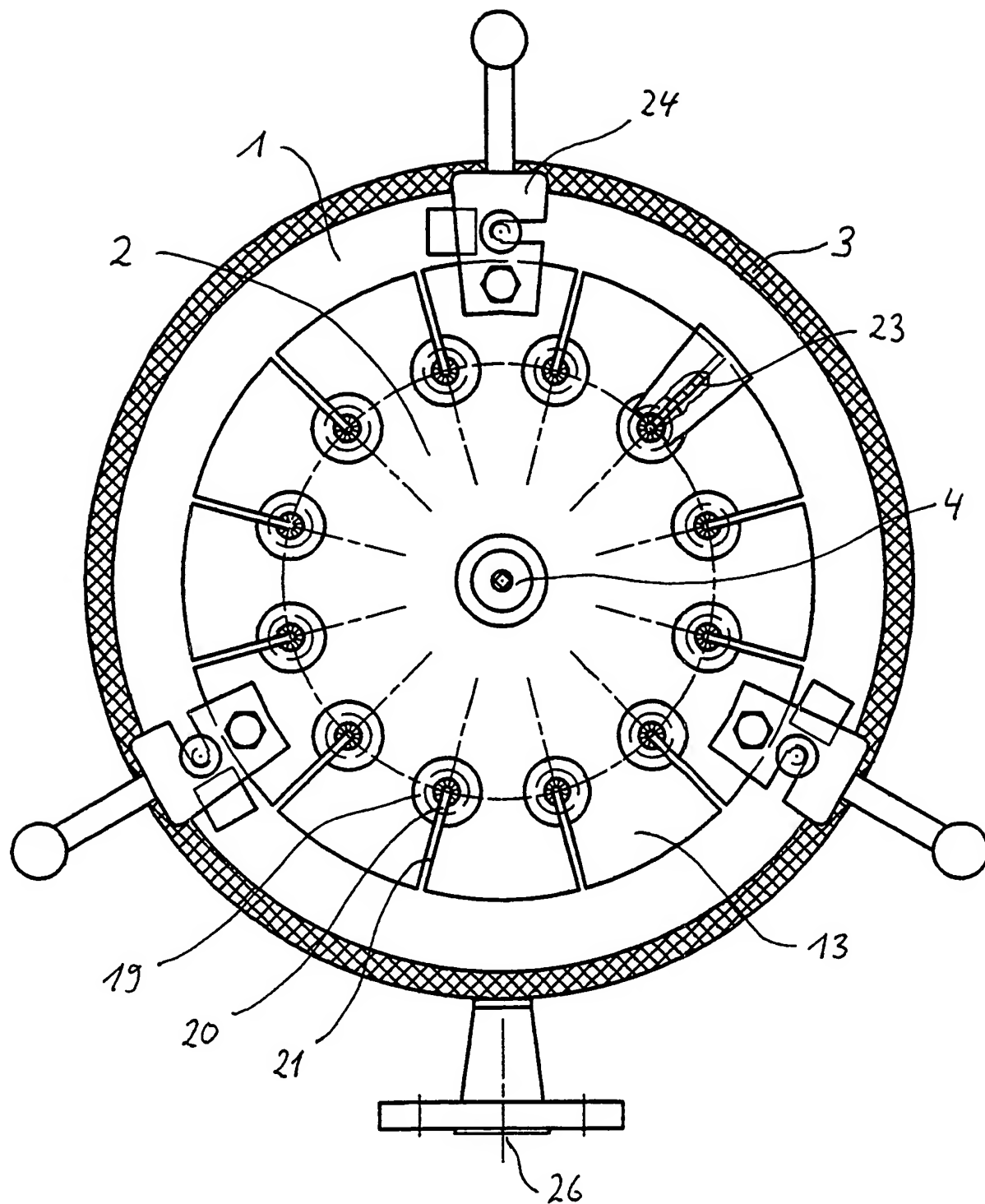
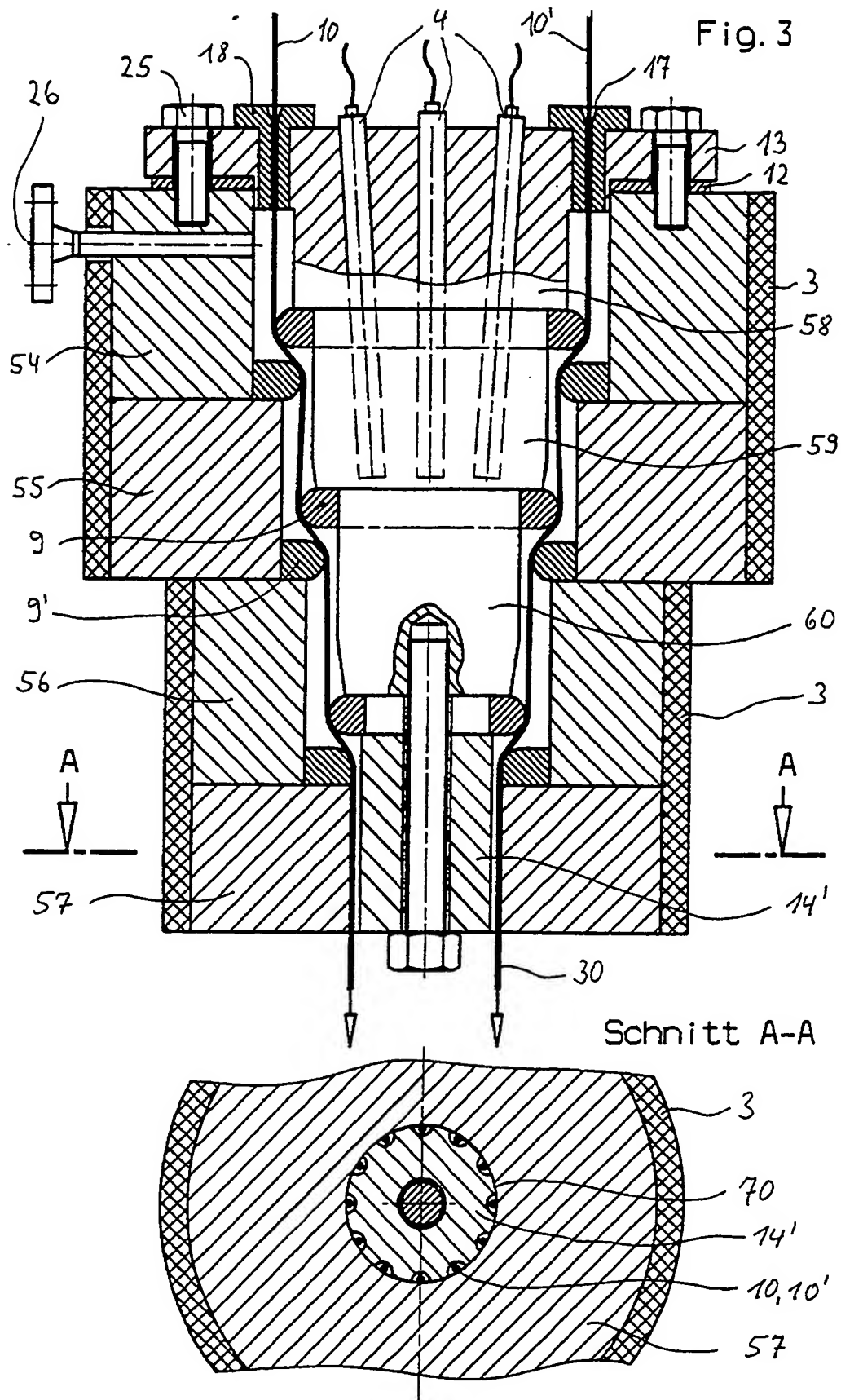


Fig. 2



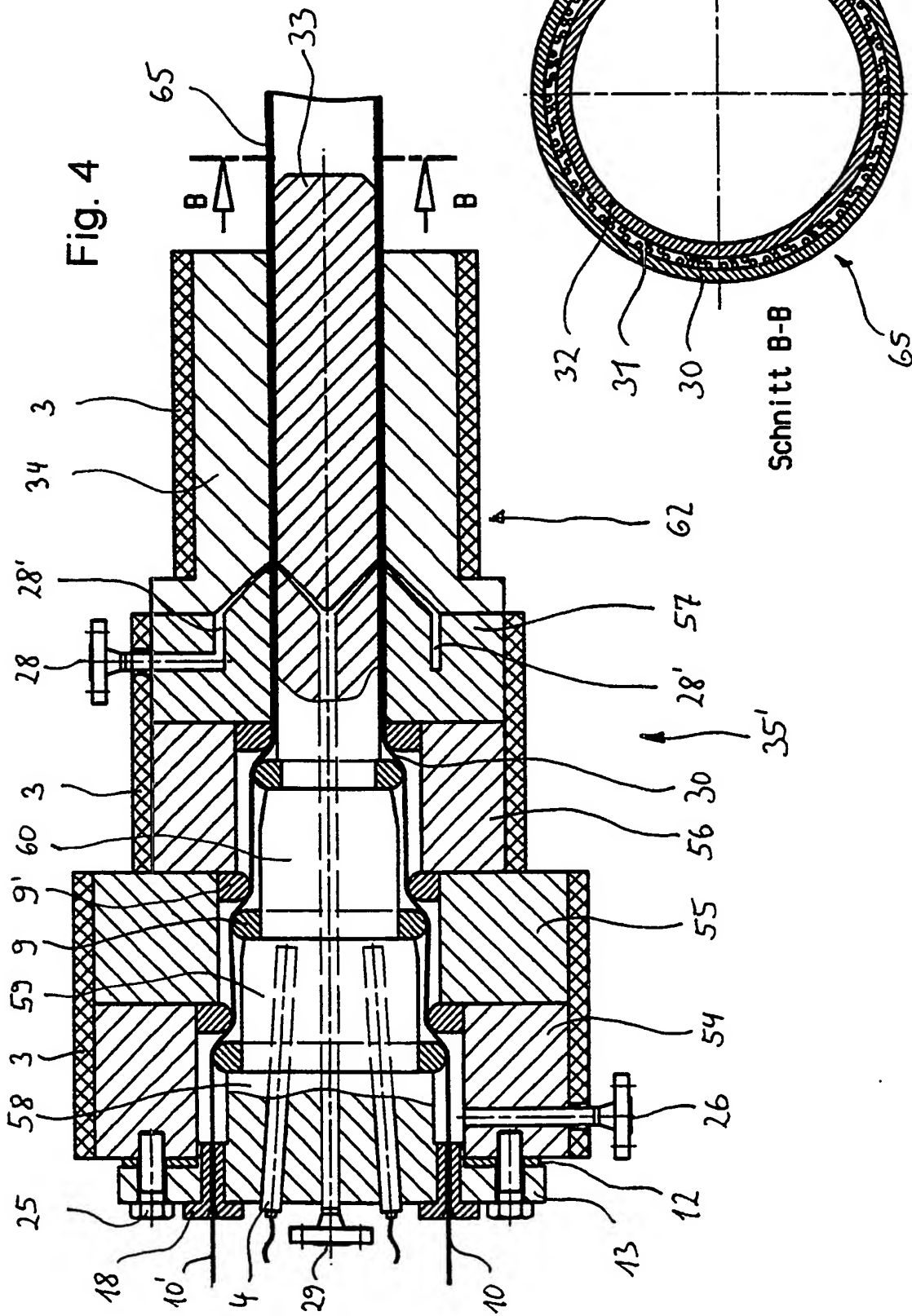


Fig. 5

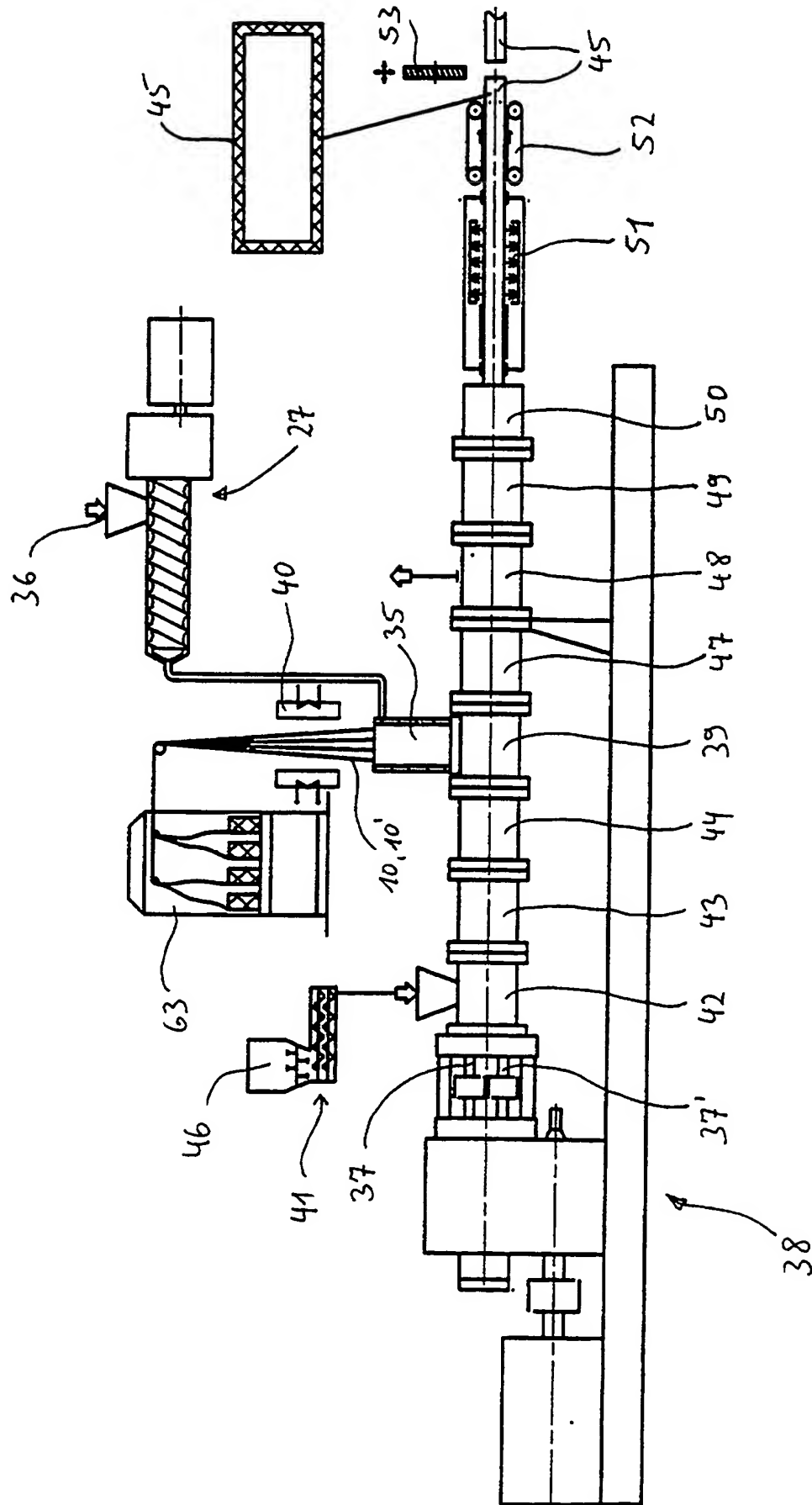


Fig. 6

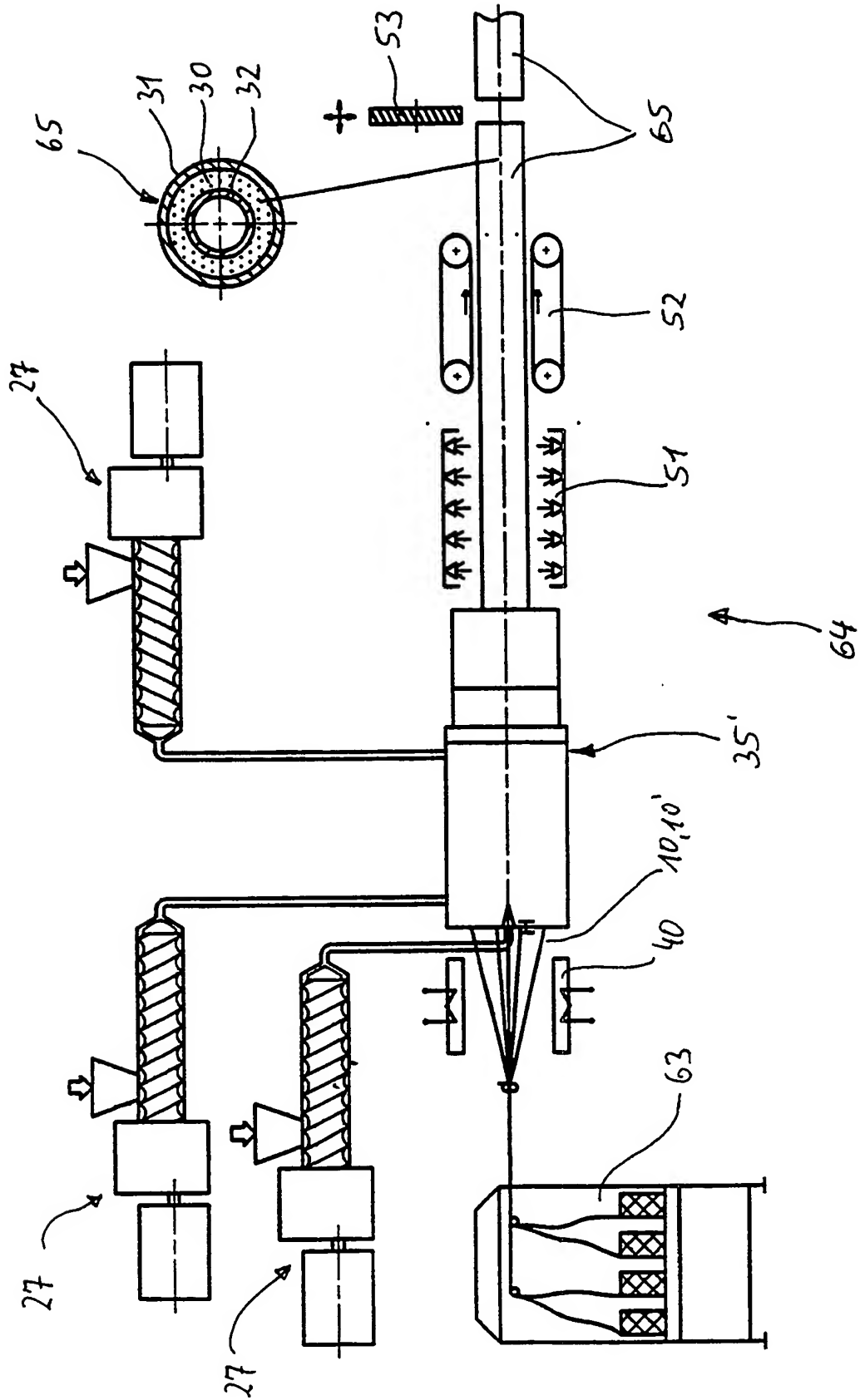
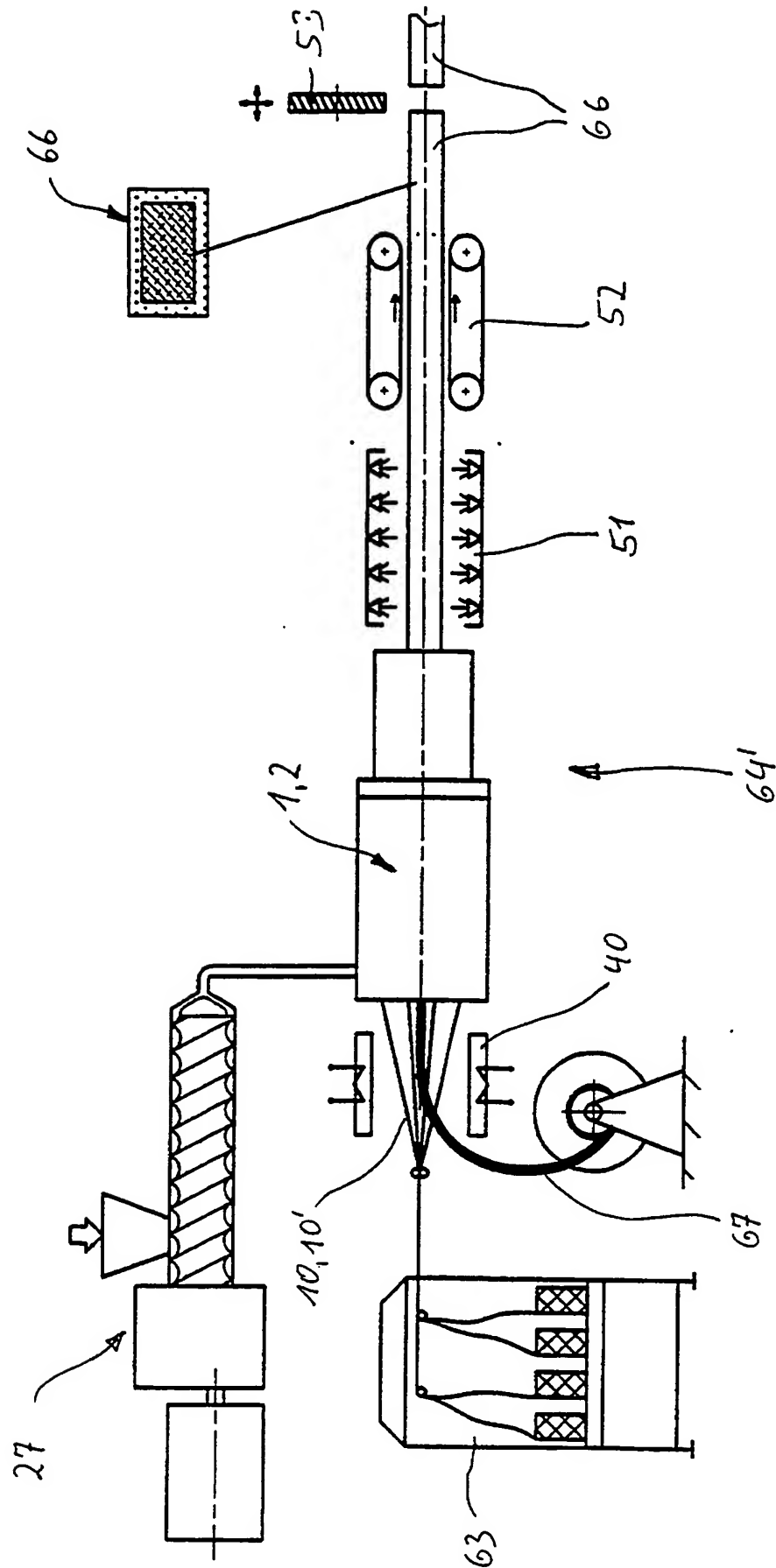


Fig. 7





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**